



21 Aktenzeichen: 199 28 178.5  
22 Anmeldetag: 19. 6. 1999  
43 Offenlegungstag: 10. 8. 2000

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

71 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

72 Erfinder:  
Heinz, Rudolf, Dr., 71272 Renningen, DE; Schmoll,  
Klaus-Peter, Dr., 74251 Lehrensteinsfeld, DE;  
Boeckling, Friedrich, 70499 Stuttgart, DE

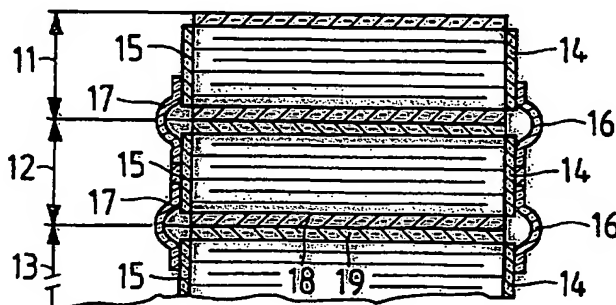
56 Entgegenhaltungen:  
DE 197 15 488 C1  
US 082 50 777 A  
US 48 03 763  
EP 08 44 678 A1  
JP 03-1 04 290 A  
JP 01-33 980 A

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Piezoaktor

57 Es wird ein Piezoaktor, beispielsweise zur Betätigung eines mechanischen Bauteils, vorgeschlagen, bei dem ein Mehrschichtaufbau von Piezolagen (2) und dazwischen angeordneten Elektroden (3, 4) vorhanden ist. Bei einer der wechselseitigen seitlichen Kontaktierung (5, 6) der Elektroden (3, 4), wobei in dem Bereich zwischen zwei Piezolagen, der eine an der jeweils gegenüberliegenden Seite kontaktierte Elektroden (3, 4) aufweist, eine neutrale Phase (7) ohne Elektrodenschicht vorhanden ist, wird eine Aufteilung des Mehrschichtaufbaus in übereinander gestapelte Teilaktoren (11, 12, 13) vorgesehen, die jeweils über eine neutrale Schicht (18, 19) miteinander verbunden sind. Es erfolgt eine flexible Verbindung der Außenelektroden (14, 15) über eine Metallfolie (16, 17), die im Bereich der neutralen Schicht (18, 19) eine Ausgleichswelle aufweist.



Die Erfindung betrifft einen Piezoaktor, beispielsweise zur Betätigung eines mechanischen Bauteils wie ein Ventil oder dergleichen, nach den gattungsgemäßen Merkmalen des Hauptanspruchs.

Es ist allgemein bekannt, dass unter Ausnutzung des sogenannten Piezoeffekts ein Piezoelement aus einem Material mit einer geeigneten Kristallstruktur aufgebaut werden kann. Bei Anlage einer äußeren elektrischen Spannung erfolgt eine mechanische Reaktion des Piezoelements, die in Abhängigkeit von der Kristallstruktur und der Anlagebereiche der elektrischen Spannung einen Druck oder Zug in eine vorgebbare Richtung darstellt. Der Aufbau dieses Piezoaktors kann hier in mehreren Schichten erfolgen (Multilayer-Aktoren), wobei die Elektroden, über die die elektrische Spannung aufgebracht wird, jeweils zwischen den Schichten angeordnet werden. Beim Betrieb des Piezoaktors ist darauf zu achten, dass durch mechanische Spannungen im Lagenaufbau keine störenden Rissbildungen entstehen.

#### Vorteile der Erfindung

Der eingangs beschriebene Piezoaktor, der beispielsweise zur Betätigung eines mechanischen Bauteils verwendbar sein kann, ist in vorteilhafter Weise mit einem Mehrschichtaufbau von Piezo-Lagen und dazwischen angeordneten Elektroden aufgebaut. Bei einer wechselseitigen seitlichen Kontaktierung der Elektroden entsteht im Bereich zwischen zwei Piezo-Lagen jeweils eine neutrale Phase. Da die jeweils an einer Seite kontaktierten Elektroden kammartig in den Lagenaufbau integriert sind, müssen die in Richtung des Lagenaufbaus aufeinanderfolgenden Elektroden jeweils abwechseln an gegenüberliegenden Seiten kontaktiert werden.

Die an einer Seite kontaktierten Elektroden können dabei nicht vollständig bis an die gegenüberliegende Seite geführt werden, da sonst Spannungsüberschläge zur Zerstörung des Piezoaktors führen können. Bei einer Betätigung des Piezoaktors, d. h. bei Anlage einer Spannung zwischen den im Lagenaufbau gegenüberliegenden Elektroden treten unterschiedliche mechanische Kräfte im Bereich der Elektroden sowie in den nichtkontaktierten neutralen Phasen auf, die zu mechanischen Spannungen und Rissbildungen im Piezoaktor führen können.

In vorteilhafter Weise wird erfindungsgemäß bei einer Einspannung des Piezoaktors senkrecht zum Lagenaufbau mit einer Aufteilung des Mehrschichtaufbaus in übereinander gestapelte Teilaktoren, die jeweils über eine neutrale Schicht miteinander verbunden sind, die Gefahr einer Rissbildung vermindert. Je weniger Piezolagen übereinanderliegen, um so geringer sind hierbei die mechanischen Spannungen, die dann zur Rissbildung entlang der Elektroden oder im Bereich der nicht durchgeführten Elektrode führen können. Als typisches Elektrodenmaterial kommt hier z. B. Silberpaladium mit einer um den Faktor 4 bis 5 geringeren Haftfestigkeit als das Material der Piezolagen zum Einsatz. Somit kann es bei einer zu starken Beanspruchung insbesondere im Bereich der Durchkontaktierungen zu den Außenelektroden am ehesten zu einer Rissbildung kommen.

Durch die erfindungsgemäße Aufteilung des Gesamt-Piezoaktors in einzelne Teilaktoren wird die Gefahr der Rissbildung auf einfache Weise vermindert, so dass die maximale Gesamtzugspannung im Bereich der durchkontaktierten Elektroden unter der Haftfestigkeit liegt. Die zwischen den Teilaktoren angeordneten neutralen Schichten weisen hier zwar keinen Piezoeffekt auf, sie können aber aus dem glei-

chen Material gefertigt sind, die die Keramik der Piezolagen. Vorzugsweise können diese Keramikschichten der Teilaktoren mittels einer dünnen elastischen Klebeschicht miteinander verbunden sein, die die Dehnung in Querrichtung praktisch nicht behindert.

Weiterhin können die neutralen Schichten auch zumindest teilweise mit einer Verdickung im Bereich der neutralen Phase versehen sein, über die eine erhöhte mechanische Spannung, bei einer Einspannung des Piezoaktors senkrecht zum Lagenaufbau, im Bereich der neutralen Phase aufbringbar ist. Diese Vorspannung erzeugt eine positive Druckspannung im äußeren Bereich des Piezoaktors zur weiteren Verminderung der Gefahr einer Rissbildung.

In vorteilhafter Weise erfolgt die Kontaktierung der Elektroden jedes Teilaktors über Außenelektroden, die untereinander flexibel verbunden sind, wobei die flexible Verbindung der Außenelektroden über eine Metallfolie vorgenommen wird, die im Bereich der neutralen Schicht eine Ausgleichswelle aufweist. Die Metallfolie ist vorzugsweise eine Messingfolie, die auf die Außenelektroden aufgelötet ist.

Diese und weitere Merkmale von bevorzugten Weiterbildungen der Erfindung gehen außer aus den Ansprüchen auch aus der Beschreibung und den Zeichnungen hervor, wobei die einzelnen Merkmale jeweils für sich allein oder zu mehreren in Form von Unterkombinationen bei der Ausführungsform der Erfindung und auf anderen Gebieten verwirklicht sein und vorteilhafte sowie für sich schutzfähige Ausführungen darstellen können, für die hier Schutz beansprucht wird.

#### Zeichnung

Ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Piezoaktors wird anhand der Zeichnung erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen Schnitt durch einen Piezoaktor mit einem Mehrschichtaufbau von Lagen aus Piezokeramik und Elektroden;

Fig. 2 einen Detailschnitt durch den Lagenaufbau im Bereich von neutralen Phasen ohne Anlage einer elektrischen Spannung;

Fig. 3 einen Detailschnitt durch den Lagenaufbau im Bereich von neutralen Phasen mit Anlage einer elektrischen Spannung;

Fig. 4 ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Piezoaktors, der aus Teilaktoren aufgebaut ist und

Fig. 5 ein Detail des Ausführungsbeispiels nach der Fig. 4 mit der Kontaktierung im Bereich einer neutralen Schicht zwischen den Teilaktoren.

#### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

In Fig. 1 ist ein Piezoaktor 1 gezeigt, der in an sich bekannter Weise aus Piezofolien 2 eines Quarzmaterials mit einer geeigneten Kristallstruktur aufgebaut ist, so dass unter Ausnutzung des sogenannten Piezoeffekts bei Anlage einer äußeren elektrischen Spannung an Elektroden 3 und 4 über Kontaktflächen 5 und 6 eine mechanische Reaktion des Piezoaktors 1 erfolgt.

Aus Fig. 2 ist ein Bereich des Piezoaktors 1 vergrößert dargestellt, der die Elektroden 3 und 4 zeigt, wobei hier auch die Kontaktierung der Elektroden 4 mit der Kontaktfläche 6 zu erkennen ist. Da die Elektroden 3 aufgrund der anderen Polarität einen Abstand zu dieser Kontaktfläche 6 einhalten müssen, sind hier neutrale Phasen gebildet, die anhand der neutralen Phase 7 beispielhaft dargestellt sind. Aufgrund des somit räumlich unterschiedlichen Auftretens des Piezoeffekts entstehen mechanische Spannungen in der neutralen Phase 7, die zu einer Materialbeeinträchtigung führen, die

mit der gewellten Linie 8 schematisch dargestellt ist.

Nach Fig. 3 ist der Bereich aus der Fig. 2 mit einer angelegten elektrischen Spannung gezeigt, wobei die dadurch hervorgerufene mechanische Reaktion des Piezoaktors mit Pfeilen 9 und 10 verdeutlicht ist. Hierbei ist erkennbar, dass im Bereich der neutralen Phase 7 eine geringere Ausdehnung in Richtung der Pfeile 9 und daher eine Kraftwirkung in Richtung des Pfeiles 10 bewirkt wird, die zu Rissbildung im Bereich 8 der neutralen Phase führt.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand Fig. 4 erläutert, bei dem ein Teilaktor 11, ein Teilaktor 12 und ein Teilaktor 13 gebildet ist, wobei sich hier noch eine Vielzahl weiterer Teilaktoren anschließen können. An jedem der Teilaktoren 11, 12 und 13 sind Außenelektroden 14 und 15 angebracht, wobei die Außenelektroden 14 jeweils über eine Metallfolie 16 mit Ausgleichswellen miteinander verbunden sind und die Außenelektroden 15 jeweils über eine Metallfolie 17, ebenfalls mit Ausgleichswellen, miteinander verbunden sind. Die Metallfolien 16 und 17 sind beispielsweise Messingfolien, die an den Außenelektroden 14 bzw. 15 angelötet sind.

Die Teilaktoren 11, 12 und 13 sind an den Grenzlagen jeweils mit einer keramischen Schicht 18 und 19 versehen, die aus dem gleichen Material wie die Piezolagen 2 sind, jedoch keinen Piezoeffekt aufweisen. Aus Fig. 5 sind die Schichten 18 und 19 im Detail zu erkennen, wobei diese Schichten 18 und 19 jeweils eine neutrale Schicht bilden. Die beiden Keramiksichten 18 und 19 sind zur Bildung der neutralen Schicht über einen dünnen elastischen Kleber 20 miteinander verbunden und gewährleisten somit eine weitgehend ungehinderte Querdehnung des Materials, so dass eine Rissbildung aufgrund von mechanischen Spannungen weitgehend verhindert ist.

#### Patentansprüche

35

1. Piezoaktor, mit
  - einem Mehrschichtaufbau von Piezolagen (2) und dazwischen angeordneten Elektroden (3, 4),
  - einer wechselseitigen seitlichen Kontaktierung (5, 6) der Elektroden (3, 4), wobei in dem Bereich zwischen zwei Piezolagen, der eine an der jeweils gegenüberliegenden Seite kontaktierte Elektrode (3, 4) aufweist, eine neutrale Phase (7) ohne Elektrodenschicht vorhanden ist und mit
  - einer Aufteilung des Mehrschichtaufbaus in übereinander gestapelte Teilaktoren (11, 12, 13), die jeweils über eine neutrale Schicht (18, 19) miteinander verbunden sind.
2. Piezoaktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
  - die Kontaktierung der Elektroden (3, 4) jedes Teilaktors (11, 12, 13) über Außenelektroden (14, 15) erfolgt, die untereinander flexibel verbunden sind.
3. Piezoaktor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass
  - die flexible Verbindung der Außenelektroden (14, 15) jeweils über eine Metallfolie (16, 17) erfolgt, die im Bereich der neutralen Schicht (18, 19) eine Ausgleichswelle aufweist.
4. Piezoaktor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass
  - die Metallfolie (16, 17) jeweils eine Messingfolie ist, die auf die Außenelektroden (14, 15) angelötet ist.
5. Piezoaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
  - die neutrale Schicht aus jeweils einer an den je-

weiligen Teilaktoren (11, 12, 13) angebrachten Keramiksicht (18, 19) besteht, die aus dem gleichen Material wie die Piezolagen (2) besteht, jedoch keinen Piezoeffekt aufweist.

6. Piezoaktor nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Keramiksichten (18, 19) der Teilaktoren (11, 12, 13) mittels einer dünnen elastischen Klebeschicht miteinander verbunden sind.

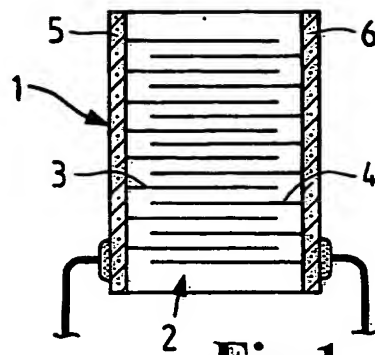
7. Piezoaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

- die neutralen Schichten (18, 19) zumindest teilweise mit einer Verdickung im Bereich der neutralen Phase (7) versehen sind, über die eine erhöhte mechanische Spannung, bei einer Einspannung des Piezoaktors (1) senkrecht zum Lagenaufbau, im Bereich der neutralen Phase (7) aufbringbar ist.

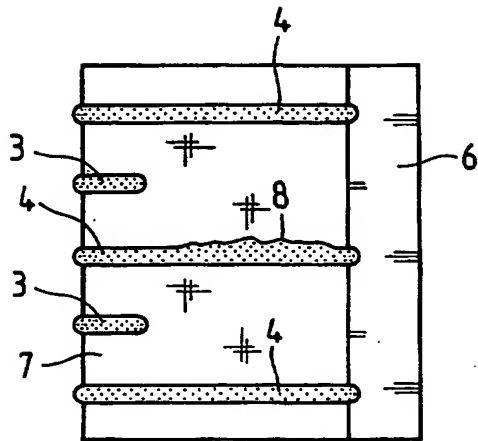
---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

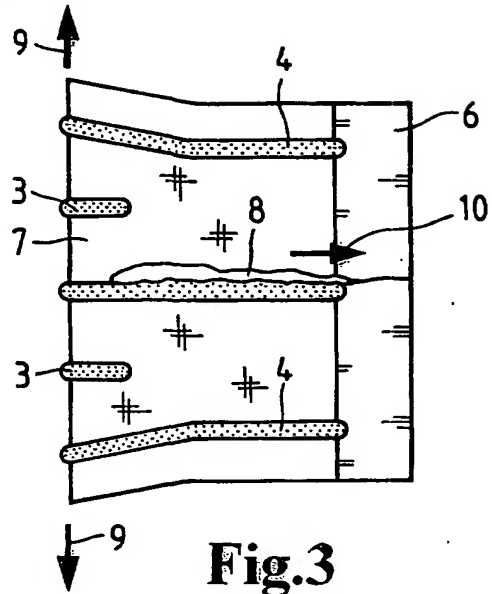
---



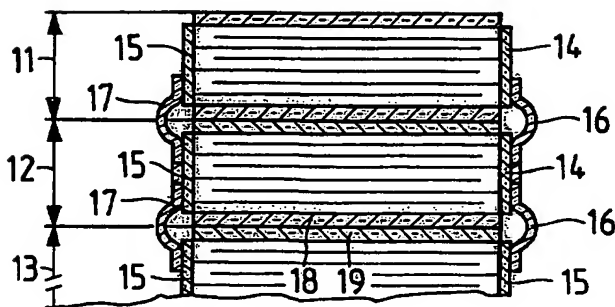
**Fig. 1**



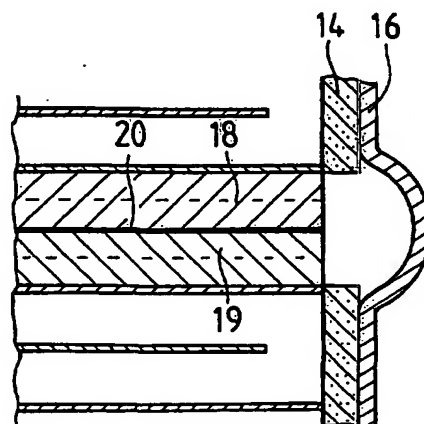
**Fig. 2**



**Fig. 3**



**Fig. 4**



**Fig. 5**